

11-12
ОСН.

2000

НИКОПОЛЬСКИЙ ЗАВОД ФЕРРОСПЛАВОВ
322912, г.Никополь, Днепропетровская обл.
тел.: (05662) 3-14-00



Металлы Украины

наука техника технология бизнес



1. Иммерман Е.Б. Производство чугунного литья для судостроения. - Л.: Судпромгиз, 1957. - 327 с.
 2. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. - Л.: Машиностроение, 1976. - 216 с.
 3. Дан Л.А. О закономерностях взаимодействия твердого и жидкого сплавов на основе железа в процессах литейного производства // Вестник Приазов. гос. техн. ун-та. Сб. науч. тр. - Мариуполь, 1999. - Вып. 8. - С.41-44

УДК 669.183.218

ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА ЛИТОЙ СТАЛИ В КОВШАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОННЫХ ПРОДУВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

С.П.Ерньоко, канд. техн. наук, доцент, **С.В.Быковских**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, **А.И.Шевченко**, **Е.С.Цыхмистро**, **П.С.Быковских** (Донецкий государственный технический университет)

Эффективность технологий модифицирования и микролегирования литой стали с использованием лигатур во многом определяется достигаемой стабильностью усвоения подаваемых в расплав реагентов. Как известно, совмещение операции их ввода с легированием и окончательным раскислением металла приводит не только к значительному утрате активных элементов, а и к загрязнению стали неметаллическими включениями [1].

С целью повышения экономических показателей процесса производства литейной стали и улучшения качества крупных отливок сотрудниками ДонГТУ разработана технология получения экономнолегированных сталей, предполагающая введение в литейный ковш модификаторов и лигатур с одновременным или последующим интенсивным перемешиванием обрабатываемого расплава инертным газом.

В ходе выполнения работы по совершенствованию технологии внепечного воздействия на литейную сталь необходимо было решить три основные задачи:

- спроектировать продувочные устройства, в полной мере отвечающие условиям эксплуатации оборудования литейных цехов;
- обеспечить устойчивую (равномерную) подачу реагентов в расплав;
- подобрать оптимальный состав смесей, обладающих высокой

Рассмотрены особенности обработки стали в ковшах малой вместимости в условиях литейных цехов. Показаны преимущества донной продувки металла, обеспечивающей высокую степень усвоения реагентов, вводимых в ковш с целью улучшения механических свойств выплавленного металла, используемого для получения отливок.

реакционной способностью и имеющих сравнительно невысокую стоимость.

Предлагаемый процесс обработки стали в зависимости от производственных условий (вместимости и типа литейного ковша, вида и фракционного состава имеющихся в наличии реагентов) может быть реализован по одному из двух вариантов, отличающихся способом ввода в жидкий металл улучшающих добавок.

Первый вариант предназначен для обработки металла в ковшах чайничкового типа, не имеющих сталевыпускного отверстия. При этом могут использоваться лигатуры как в кускообразном, так и в порошкообразном виде. Крупнокусковые материалы подаются в ковш во время выпуска из него стали из плавильного агрегата, а порошковые смеси вдуваются в струе инертного газа с помощью устройства, схематично представленного на рисунке 1. Устройство включает целевую металлическую фурму, размещенную в канале огнеупорной трубки 2, вмонтированной в футеровку днища ковша 3. Нижняя часть фурмы выполнена

цилиндрической и посредством уголка 4, снабженного шайбой 5, связана с газопроводящей трубкой 6. Шайба

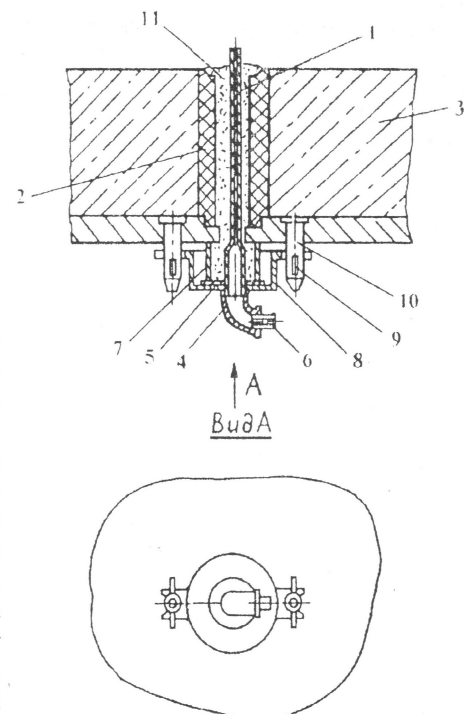


Рис. 1. Схема установки щелевой фурмы в футеровку днища литейного ковша.

твердых частиц в газопорошковой смеси, вдуваемой в расплав.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАТЕЛЯ

Расход аэрирующего газа, м ³ /с	0,005 – 0,010
Расход транспортирующего газа, м ³ /с	0,010 – 0,025
Давление газа, МПа	0,1 – 0,4

Концентрация порошкообразных материалов в газе-носителе, кг/м³

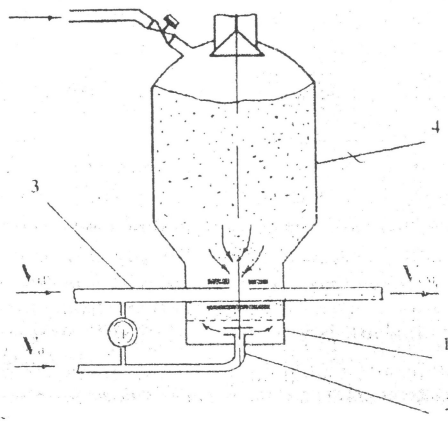


Рис. 2. Схема азрационного питателя

Обработку стали опытно-промышленной плавки с использованием щетевой фурмы осуществляли по следующей технологической схеме.

Фурма с помощью шланга высокого давления соединялась с транспортирующим трубопроводом питателя. Непосредственно перед началом выпуска стали из дуговой сталеплавильной печи в литейный ковш включалась подача инертного газа с минимальным расходом с целью предотвращения заметалливания канала фурмы. До момента наполнения сталью 0,25 объема ковша под струю металла для раскисления подавался чушковый алюминий из расчета 1,8–2,6 кг/т в зависимости от шихтовки плавки. После завершения операции раскисления к газоподводящему трубопроводу подключался бункер, из которого с помощью азрационного питателя к соплу фурмы осуществлялся дозированный подвод микродобавок в струе инертного газа. Вдувание газопорошковой смеси в расплав

проводили при избыточном давлении 0,10–0,15 МПа. Расход вводимых реагентов составлял 2,2–3,3 кг/т в зависимости от фактической массы плавки. При достижении уровня жидкого металла 0,9 высоты ковша продувку прекращали. Жидкий металл, попадая в канал фурмы, моментально застывал благодаря интенсивному отводу тепла ее металлическими стенками. После отсоединения шланга от фурмы ковш с металлом подавался к месту разливки.

При обработке стали по второму варианту, предполагающему присадку дробленых лигатур в литейные ковши, оборудованные стопорными механизмами, использовали продувочное устройство, схема которого приведена на рисунке 3. Оно включало газоподводящую трубку 1, снабженную переходником 3, связанным посредством резьбового соединения с металлическим соплом 6, на верхнюю часть которого навинчена гайка с нажимной шайбой 8. Коаксиально с нижней частью сопла установлена с возможностью относительного перемещения направляющая втулка 5. Между нажимной шайбой 8 и направляющей втулкой 5 размещен упругий уплотнительный элемент 7. На переходнике 3 шарнирно закреплен двойной кулачок 4, контактирующий своими рабочими поверхностями с основанием направляющей втулки 5 и с помощью двух тяг 2 связанный с рычагом 9. Этот рычаг имеет возможность поворота на угол 90° на осях относительно газоподводящей трубки 1 [3].

Во время установки устройства на ковш сопло вводилось в канал

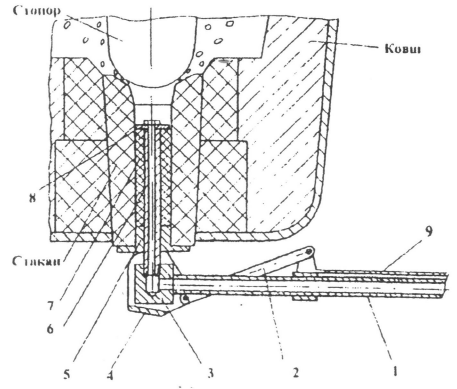


Рис. 3. Схема устройства для продувки стали газом в стопорном разливочном ковше.

разливочного стакана и поворачивался рычаг. Усилие от рычага через тяги передавалось двойному кулачку, который под воздействием этого усилия поворачивался на цапфах относительно опорного вкладыша и перемещал вверх вдоль сопла направляющую втулку. Перемещаясь, втулка деформировала уплотнительный элемент, в результате чего он уменьшался по высоте и увеличивался в поперечном сечении, оказываясь плотно прижатым к наружной цилиндрической поверхности сопла и внутренней цилиндрической поверхности канала стакана. Этим достигалась надежная фиксация сопла в канале ковшового стакана и обеспечивалась герметичность соединений.

Подаваемый под давлением в свободную верхнюю часть сталевого канала инертный газ через микроскопические поры между сопрягаемыми поверхностями пробки стопора и разливочного стакана поступал в полость ковша.

Последовательность выполнения операций по вводу раскислителей и

Таблица 1

Механические свойства образцов опытных сталей

№ состава	T _{мин} , °С	σ _в , Н/мм ²	KCU, Дж/см ²	HRC ₂	Относительная износостойкость ε
1	200	1650	38,1	49	3,6
1	250	1610	38,2	47	3,1
1	300	1490	39,2	45	2,7
2	200	1720	49,1	51	5,9
2	250	1670	49,7	48	4,4
2	300	1530	52,1	47	3,7

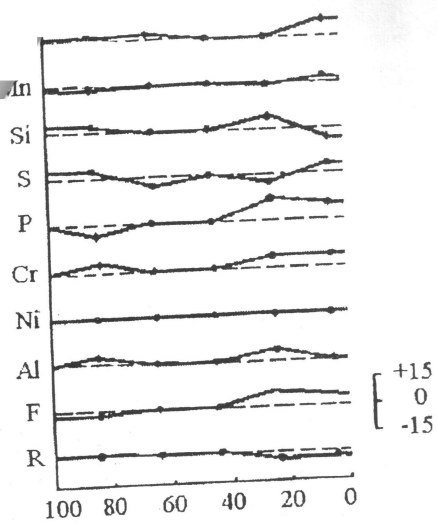


Рис. 4. Неравномерность распределения легирующих элементов и микродобавок по ходу разливки микролегированной стали.

Последовательность выполнения операций по вводу раскислителей и микродобавок, а также расход реагентов были такими же, как и в первом варианте.

Для исследования неравномерности распределения основных легирующих элементов и микродобавок в опытной плавке стали 35Л, модифицированной комплексной лигатурой, по ходу ее разливки отбирались пробы с целью выполнения химического анализа, результаты которого приведены на рисунке 4, как отклонение содержания элементов от среднего значения в относительных процентах. Распределение микродобавок, связанных в высокодисперсную упрочняющую карбонитридную фазу на рисунке обозначено буквой F, а их распределение в твердом растворе - буквой R. Анализ полученных результатов показывает, что степень неоднородности распределения микродобавок не превышает данный показатель для основных легирующих элементов стали. Это позволяет сделать вывод о получении однородных значений механических характеристик и микроструктуры металла в отливках одной плавки.

модифицированной стали, средних карбонитридов так же, как подвергаемой закалке и отпуску, зернистых и межфазных границ проводили по стандартной методике дисперсной структуры. Небольшое количество крупных, более 20 мкм, карбонитридов, являющихся концентраторами напряжений при знакопеременном ударном нагружении, не приводит к снижению ударной вязкости.

В таблице 1 представлены результаты проведенных испытаний, которые свидетельствуют о том, что наибольший эффект упрочнения металла в процессе его модифицирования комплексными лигатурами по технологии «позднего модифицирования» (состав 2) и последующей термической обработки достигается после закалки и отпуска при температуре 200 - 220°C. Исследования проводились в сравнении со сталями без модифицирования (состав 1).

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о повышении комплекса механических характеристик микролегированной стали, в большей степени ее ударной вязкости и износостойкости. Существенный вклад в формирование данных механических характеристик внесла морфология образующейся при микролегировании упрочняющей карбонитридной фазы. Исследование размерного распределения карбонитридов, образовавшихся при кристаллизации литой стали, проведенное на нетравленых шлифах по полям зрения на площади 1,5 мм² (при увеличении микроскопа x1000) показало, что при микролегировании стали с использованием технологии «позднего модифицирования» выделяется значительное количество мелких карбонитридов: до 1 мкм - 61%, от 1 до 5 мкм - 24%, от 5 до 10 мкм - 5%, крупных от 10 до 20 мкм - 7%, более 20 мкм - 3% от общего их количества. При этом суммарная доля площади, занимаемая включениями до 1 мкм, составляет 18%, от 1 до 5 мкм - 29%, от 5 до 10 мкм - 9%, от 10 до 20 мкм - 19%, более 20 мкм - 25%. Полученное размерное соотношение образовавшейся карбонитридной фазы благоприятно сказывается на измельчении аустенитного зерна, повышении износостойкости за счет «барьерного» воздействия мелких и

Таим образом, предлагаемая технология внепечной обработки литейной стали, предусматривающая введение в ковш улучшающих микродобавок в процессе продувки расплава инертным газом через донные устройства, позволяет повысить прочностные характеристики металла, улучшить показатели ударной вязкости за счет снижения грубых оксидных включений и формирования более дисперсной карбонитридной фазы. Испытание сталей на относительную износостойкость о не жестко закреплённые частицы свидетельствует о повышении износостойкости модифицированной стали, что в целом повышает надежность и долговечность изготовленных из нее отливок. Зафиксированное улучшение механических свойств модифицированной стали в первую очередь связано с изменением ее микроструктуры: измельчением аустенитного зерна и субструктуры стали, образованием высокодисперсной равномерно распределенной упрочняющей карбонитридной фазы, изменением физических характеристик металлической матрицы.



ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность внепечного модифицирования титаном и бором жаростойкой хромоникелевой стали / В.В. Бахметьев, В.А. Куц, В.М. Колокольцев и др. // *Сталь*. - 1997. - № 3. - С. 18-20.
2. Еронько С.П. Устройство для продувки стали газами в литейном ковше // *Информ. листок: Донецкий центр НТЭИ*. - 1994. - № 90.
3. Пат. № 23256 А. Украина, МКИ С 21 С 5/48. Ковш для разливки металла.